

MODEL HUBUNGAN KECEPATAN – VOLUME – KEPADATAN ARUS LALU LINTAS PADA RUAS JALAN ARTERI DI KOTAPALU (Studi kasus: Jl. Trans Sulawesi Kota Palu)

Mashuri *

Abstract

There are three main traffic flow characteristics which are used to estimate the level of services of a road link, i.e traffic Speed (S), traffic Volume (V) and traffic Density (D). In Traffic engineering theory, three models are often used for modeling of traffic flow characteristics. They are Greenshield model, Greenberg model and Underwood Model respectively.

The aim of this research is to find the relationship model between Speed characteristic (S) – Volume characteristic (V) – Density characteristic (D) on Trans Sulawesi street in Palu city. Collected data is volume and time distance of traffic passing on specific road segment. Time distance data is needed for finding speed of traffic data. For collecting of time distance data, we choice the segment is 50 m long.

The result of this research indicates that the Greenshield model is most realistic model in study location.

Keyword: *traffic flow characteristic, Greenshield Model, Greenberg Model, Underwood Model, Palu city*

1. Pendahuluan

Terdapat tiga karakteristik arus lalu-lintas pada suatu penggal jalan yang dijadikan parameter untuk menganalisis perilaku lalu-lintas yang bergerak di atasnya yaitu, Kecepatan – Volume dan Kepadatan arus lalu-lintas.

Dalam mengestimasi fungsi pelayanan suatu ruas jalan seperti Kapasitas aktual dan Kecepatan arus lalu-lintas dan Derajat kejenuhan suatu ruas jalan, dewasa ini telah disiapkan suatu alat bantu untuk memprediksi parameter fungsi pelayanan suatu ruas jalan secara praktis dalam bentuk buku manual. Salah satu manual yang dipakai sekarang di Indonesia adalah Buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), di Amerika dikenal Highway Capacity Manual (HCM).

Masalahnya sekarang adalah tidak ada satupun ruas jalan yang mempunyai karakteristik arus lalu-lintas yang persis sama walaupun kedua jalan mempunyai kondisi lingkungan yang sama sehingga dalam mengestimasi suatu fungsi pelayanan ruas jalan seperti Kapasitas, Derajat kejenuhannya perlu dikaji tentang model hubungan tiga parameter dasar lalu-lintas sebagai pembandingan terhadap hasil estimasi dari buku manual seperti Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Ini perlu dilakukan untuk bisa mendapatkan kapasitas

dan derajat kejenuhan jalan yang lebih representatif.

Didasarkan dari uraian di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam tulisan ini adalah :

- 1) Menganalisis hubungan parameter kecepatan, volume dan kepadatan arus lalu lintas di ruas jl. Trans. Sulawesi Palu (Depan Lap. Golf).
- 2) Membandingkan antara Kapasitas jalan hasil model dengan Kapasitas Jalan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).

Sementara kontribusi tulisan ini diharapkan bisa menjadi masukan dalam menilai kinerja suatu ruas jalan sehingga tingkat pelayanan suatu ruas jalan yang didapatkan nantinya dapat lebih representative dan akurat.

2. Kajian Pustaka

2.1 Karakteristik arus lalu-lintas

Terdapat tiga variabel utama yang diperlukan dalam menganalisis karakteristik arus lalu lintas secara mikroskopik yaitu volume, kecepatan dan kepadatan arus lalu-lintas.

2.2 Volume lalu-lintas (V)

Volume adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau segmen jalan selama

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

selang waktu tertentu yang dapat diekspresikan dalam tahunan, harian, jam-an atau sub jam. Volume lalu-lintas yang diekspresikan dibawah satu jam (sub jam) seperti, 15 menit dikenal dengan istilah *rate of flow* atau nilai arus. Untuk mendapatkan nilai arus suatu segmen jalan yang terdiri dari banyak tipe kendaraan maka semua tipe-tipe kendaraan tersebut harus dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp). Konversi kendaraan ke dalam satuan smp diperlukan angka faktor ekivalen untuk berbagai jenis kendaraan. Faktor ekivalen mobil penumpang (emp) ditabulasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor emp untuk jalan perkotaan

Tipe jalan tak terbagi	Arah lalu lintas	HV	Emp	
			MC	
			Lebar Jalur	Lalu Lintas
			< 6	≥ 6
Dua				
Lajur tak terbagi	0	1,3	0,5	0,4
(2/2 UD)	≥ 1800	1,2	0,35	0,25

Sumber: MKJI 1997

2.3 Kecepatan (S)

Kecepatan yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada suatu ruas jalan per satuan waktu. Terdapat 3 jenis klasifikasi utama kecepatan yang digunakan yaitu :

- Kecepatan setempat (*Spot Speed*), yaitu kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
- Kecepatan bergerak (*Running Speed*), yaitu kecepatan kendaraan rata-rata pada suatu jalur pada saat kendaraan bergerak (tidak termasuk waktu berhenti) yang didapatkan dengan membagi panjang jalur yang ditempuh dengan waktu kendaraan bergerak menempuh jalur tersebut.
- Kecepatan perjalanan (*Journey Speed*), yaitu kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat, yang merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lama waktu bagi kendaraan untuk menyelesaikan perjalanan antara dua tempat tersebut, dengan lama waktu ini mencakup setiap waktu berhenti yang ditimbulkan oleh hambatan lalu lintas.

Ada dua jenis analisis kecepatan yang dipakai pada studi kecepatan arus lalu-lintas yaitu :

- Time mean speed* (TMS), yaitu rata-rata kecepatan dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik pada jalan selama periode waktu tertentu.
- Space mean speed* (SMS), yaitu rata-rata kecepatan kendaraan yang menempati suatu segmen atau bagian jalan pada interval waktu tertentu.

Perbedaan analisis dari kedua jenis kecepatan di atas adalah bahwa TMS adalah pengukuran titik, sementara SMS pengukuran berkenaan dengan panjang jalan atau lajur.

TMS dan SMS dapat diestimasi dengan menggunakan formula-formula (1) dan (2).

$$TMS = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d}{t_i}}{n} \quad (\text{meter / detik}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$SMS = \frac{n \cdot d}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (\text{meter / detik}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana: d = jarak tempuh (detik)

t_i = waktu tempuh kendaraan ke-i

2.4 Kepadatan lalu-lintas (D)

Kepadatan lalu-lintas adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur. Secara umum dinyatakan dalam kendaraan per kilometer (kend/km), smp/kilometer atau kendaraan per kilometer per lajur (kend/km/lj). Kepadatan lalu-lintas diestimasi dari formula (3).

$$D = V / S \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

V= Volume lalu-lintas (smp/jam)

S= Kecepatan lalu-lintas (km/jam)

2.5 Model hubungan Kecepatan – Volume dan Kepadatan arus lalu-lintas jalan

Terdapat paling sedikit tiga jenis model yang biasa dipakai untuk menggambarkan hubungan tiga parameter arus lalu-lintas yaitu, Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood.

a. Model Greenshield

Model ini adalah model paling awal yang tercatat dalam usaha mengamati karakteristik arus lalu-lintas di jalan raya. Pada Tahun 1934, Greenshield mengadakan studi pada jalur jalan di luar Kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas. Greenshield mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan

kepadatan bersifat linier. Hubungan linier kecepatan dan kepadatan ini menjadi hubungan yang populer dalam tinjauan pergerakan arus lalu lintas, mengingat fungsi hubungannya yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan. Model ini dapat dituliskan :

$$S = S_f - (S_f/D_j) D \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- S = Kecepatan rata-rata (km/jam)
- S_f = Kecepatan pada arus bebas (km/jam)
- D = Kepadatan rata-rata (smp/km)
- D_j = Kepadatan saat macet (smp/km)

Jika S= V/D disubstitusikan ke dalam formula (4), maka didapat hubungan volume (V) dengan kepadatan (D) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V/D &= S_f - (S_f/D_j) D \\ V &= S_f.D - (S_f/D_j) D^2 \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

Jika D= V/S disubstitusikan ke dalam formula (4), maka didapat hubungan volume arus dengan (V) dengan Kecepatan (S) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= S_f - (S_f/D_j) V/S \\ V &= D_j.S - (D_j/S_f) S^2 \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

Volume/arus maksimum terjadi pada saat nilai kepadatan optimum (D_o). yaitu jika turunan pertama formula (5) sama dengan nol.

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial D} &= S_f - 2.D (S_f/D_j) = 0 \\ &= S_f - 2. D_o (S_f/D_j) = 0 \quad \text{sehingga:} \\ D_o &= \frac{D_j}{2} \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

Jika nilai D_o disubstitusikan ke dalam formula (5) maka , Volume maksimum ,V_{max} bisa didapatkan sehingga:

$$V_{\max} = \frac{D_j S_f}{4} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana: D_j = kepadatan macet (smp/km)

S_f = Arus bebas (km/jam)

V_{maks}= Volume maksimum = Kapasitas (smp/jam).

b. Model Greenberg

Model ini mengasumsikan bahwa arus lalu lintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida. Greenberg pada Tahun 1959 mengadakan studi

yang dilakukan di terowongan dan menganalisis hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan gerakan benda cair. Dengan asumsi tersebut, Greenberg mendapatkan hubungan antara Kecepatan - Kepadatan dalam bentuk logaritma seperti pada formula (9).

$$S = S_o . \ln (D_j / D) \dots\dots\dots(9)$$

Dimana: S_o = Kecepatan optimum (km/jam)

Jika S= V/D disubstitusikan ke dalam formula (9) maka akan didapatkan model hubungan antara Volume/arus dengan Kecepatan arus lalu-lintas seperti pada formula (10).

$$\begin{aligned} V/D &= S_o . \ln (D_j / D) \\ V &= S_o . D . \ln (D_j / D) \dots\dots\dots(10) \end{aligned}$$

Jika D= V/S disubstitusikan ke dalam formula (9) maka akan didapatkan suatu model hubungan antara volume dengan kecepatan.

$$S = S_o . \ln \left(\frac{D_j}{V/S} \right) \quad \text{sehingga:}$$

$$V = D_j . S . e^{-(S/S_o)} \dots\dots\dots(11)$$

Arus maksimum terjadi pada saat tercapainya nilai kepadatan optimum (D_o), yaitu jika turunan pertama formula (10) sama dengan nol yaitu:

$$\frac{\partial V}{\partial D} = S_o . \ln (D_j / D) - S_o = 0 \quad \text{Sehingga:}$$

$$D = D_o = D_j / e \dots\dots\dots(12)$$

Selanjutnya bila nilai D_o = D_j/e disubstitusikan ke formula (10) maka akan didapatkan nilai volume yang maksimum sehingga:

$$V_{\max} = S_o . D_o \dots\dots\dots(13)$$

c. Model Underwood

Model Underwood mengemukakan hubungan antara kecepatan dan kepadatan arus lalu-lintas mengikuti fungsi eksponensial dengan bentuk formula:

$$S = S_f . e^{(D/D_o)} \dots\dots\dots(14)$$

Dengan mengubah formula (14) ke dalam bentuk linear Y= a + bX maka, formula (14) dapat dituliskan:

$$\ln S = \ln S_f - D/ D_o \dots\dots\dots(15)$$

Dimana: Y = Ln S , a= ln S_f , b= - 1/D_o

Jika $V = S \cdot D$ disubstitusikan ke dalam formula (12) maka akan didapatkan suatu model hubungan antara volume dengan kerapatan arus lalu-lintas, yaitu:

$$\begin{aligned} V/D &= S f \cdot e^{-(D/D_0)} \\ V &= S f \cdot D \cdot e^{-(D/D_0)} \end{aligned} \quad \text{.....(16)}$$

Jika $D = V/S$ disubstitusikan ke dalam formula (12) maka, akan didapatkan suatu model hubungan antara volume dengan kecepatan arus lalu-lintas sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= S f \cdot e^{-(V/S)/D_0} \quad \text{sehingga:} \\ V &= D_0 \cdot S \cdot \ln(S f / S) \end{aligned} \quad \text{.....(17)}$$

Pada saat nilai kepadatan optimum (D_0) tercapai maka Volume Arus maksimum (V_{\max}) juga terjadi sehingga secara matematik didapatkan bahwa kondisi V_{\max} jika turunan pertama formula (17) sama dengan nol sehingga:

$$V_{\max} = S f \cdot D_0 / e \quad \text{.....(18)}$$

2.6 Perhitungan Kapasitas jalan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)

Formula dasar untuk mengestimasi kapasitas jalan perkotaan menurut MKJI (1997) adalah:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad \text{.....(19)}$$

Dimana:

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam) untuk jalan 2/2 UD = 2900 smp/jam
- FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalan
- FC_{sp} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kerb
- FC_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

2.7 Analisa statistik

a. Analisa regresi

Analisa regresi adalah suatu metoda mempelajari hubungan fungsional antar variabel-variabel dalam bentuk persamaan matematik. Hubungan linear antara variabel tidak bebas dan variabel bebas ditunjukkan dengan persamaan sederhana :

$$y = a + bx$$

Nilai konstanta a dan b didapatkan dari formula:

$$a = \frac{\sum x_i^2 \cdot \sum y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \text{.....(20)}$$

$$b = (y_{rata-rata} - a) / x_{rata-rata} \quad \text{.....(21)}$$

b. Analisa korelasi

Analisa korelasi adalah analisa untuk mempelajari derajat hubungan antara variabel-variabel bebas dengan variabel tidak bebas. Ukuran derajat hubungan dinyatakan dengan koefisien korelasi (r) yang dihitung dengan formula (21).

$$r = \frac{n \sum (x_i \cdot y_i) - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) (n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad \text{.....(22)}$$

3. Metode penelitian

Langkah awal studi ini adalah mengidentifikasi permasalahan-permasalahan sehingga sasaran dan tujuan yang ingin dicapai dapat ditentukan. Langkah awal ini sangat perlu dalam hubungannya dengan peralatan-peralatan dan bahan yang akan digunakan serta metode survei mana yang paling cocok dipakai saat pengumpulan data. Dengan demikian biaya penelitian dapat diestimasi dengan baik. Setelah sasaran dan tujuan penelitian sudah matang, dilanjutkan dengan pemilihan lokasi studi yang kira-kira dapat menunjang pencapaian tujuan studi sambil mempersiapkan kegiatan-kegiatan survei untuk pengumpulan data. Setelah penentuan lokasi studi telah ditetapkan, dilanjutkan dengan kegiatan pengumpulan data primer dan data-data sekunder yang menunjang pencapaian tujuan studi yang dilakukan. Setelah semua data-data terkumpul dilanjutkan dengan proses kompilasi dan reduksi data. Proses kompilasi data meliputi tabulasi data sementara proses reduksi data adalah mereduksi data-data yang abnormal sehingga data-data seperti ini tidak akan dipakai pada proses analisis dan pembahasan. Setelah proses tabulasi dan reduksi data langkah selanjutnya adalah menganalisis data-data tersebut sehingga dapat memberikan informasi untuk menunjang pencapaian tujuan studi. Proses pembahasan dilakukan setelah proses analisis data. Dari hasil analisis data dan pembahasannya akan dapat ditarik suatu kesimpulan studi.

3.1 Pengumpulan data

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka data-data yang dikumpulkan adalah:

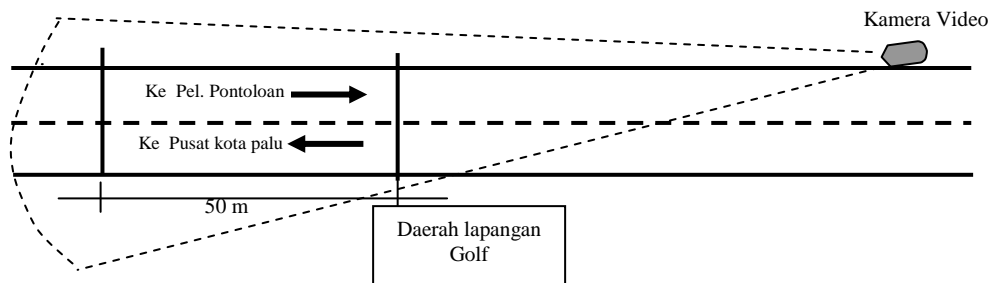
a. Data Geometrik jalan

Pengambilan data geometrik jalan dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan meliputi tipe jalan, jumlah lajur, dan lebar tiap lajur, lebar dan kondisi bahu jalan + vln.

b. Data Lalu-lintas

Data lalu lintas yang diambil adalah :

- Volume atau arus lalu lintas
- Waktu tempuh kendaraan



Gambar 1. Skenario penempatan kamera video untuk pengambilan data-data lalu-lintas (tidak berskala)

Survei waktu tempuh dimaksudkan untuk mengumpulkan data waktu tempuh pada panjang penggal jalan pengamatan sehingga data kecepatan rata-rata ruang bisa didapatkan. Buku panduan mengenai perhitungan waktu perjalanan lalu-lintas dari BINKOT No. 001/ T / BMG /1990, panjang penggal jalan pengamatan yaitu 50 m yang didasarkan kepada perkiraan kecepatan rata – rata kendaraan pada segmen jalan pengamatan adalah 40 - 65 km/jam.

Pengambilan data volume lalu-lintas dan waktu tempuh dilakukan dengan cara merekam pergerakan arus lalu-lintas pada segmen pengamatan dengan menggunakan kamera video selama 6 jam (6.00 – 12.00 Witeng). Sketsa skenario pengambilan data volume lalu-lintas dan data waktu tempuh masing-masing kendaraan diilustrasikan pada Gambar 1.

c. Peralatan yang digunakan

Peralatan survei dan pengolahan data yang diperlukan adalah :

- 1) Kamera video
- 2) Video player
- 3) Kaset kamera
- 4) Stop Watch
- 5) Tangga, tali, lak ban, alat tulis dan bahan pelengkap lainnya.
- 6) Counter.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Model hubungan Volume arus lalu-lintas (V) – Kecepatan arus lalu-lintas (S) dan Kepadatan arus lalu-lintas (D)

Menentukan model hubungan Volume arus lalu-lintas – Kecepatan arus lalu-lintas – Kepadatan arus lalu-lintas untuk Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood, terlebih dahulu harus mengestimasi parameter-parameter model.

Estimasi parameter-parameter model ditentukan dengan teknik analisis regresi. Hasil estimasi parameter model ditabulasi dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Koefisien Regresi dan Parameter Model

Parameter	Model		
	Greenshield	Greenberg	Underwood
a	59.66	69.42	3.94
b	-0.40	-5.92	-0.0039
Sf	59.66	-	51.366
So	29.83	5.92	18.954
Do2arah	74.525	61915.3339	255.827
Dj2arah	149.05	123830.668	-

Sumber: hasil analisis

Struktur model hubungan kecepatan - volume - kerapatan didapatkan dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang terdapat pada Tabel 2 ke dalam persamaan struktur model sehingga didapatkan model-model seperti terlihat dalam Tabel 3.

4.2 Uji statistik model

Uji statistik model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang didapatkan memenuhi persyaratan statistik.

Dapat dilihat pada Tabel 4, dengan menetapkan tingkat kepercayaan 95% untuk pengujian dua sisi maka, untuk Model Greenshield dan Model Greenberg, nilai F hitung lebih besar dari nilai F

tabel dan t hitung juga lebih besar dari nilai t tabel. Dengan demikian untuk kedua model tersebut kepadatan kendaraan dapat mempengaruhi kecepatan kendaraan sehingga secara statistik dikatakan bahwa model yang terbentuk dapat diterima. Tetapi lain halnya pada model Underwood, Nilai F hitung dan t hitung yang

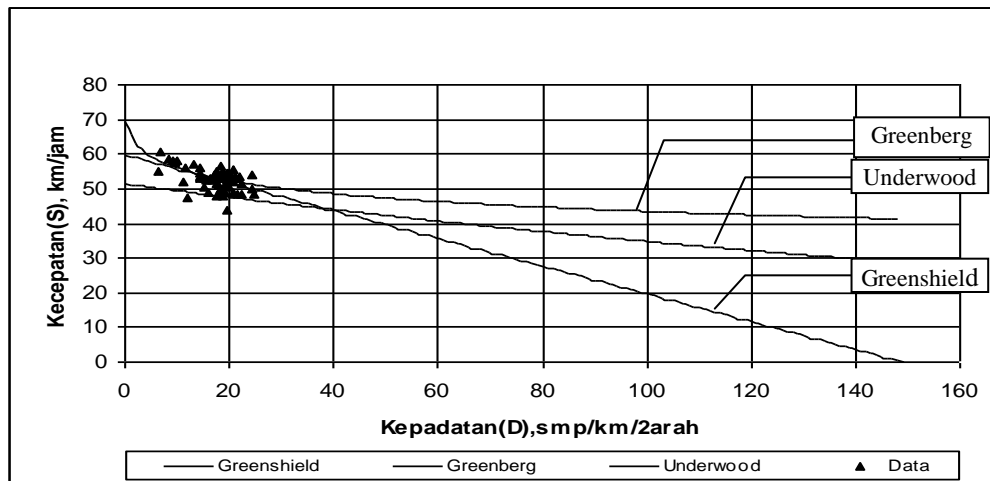
dihasilkan lebih kecil dari nilai F tabel dan t tabel, sehingga secara statistik model tersebut ditolak. Hal ini berarti bahwa Model Underwood kurang bagus menggambarkan signifikansi pengaruh antara variabel bebas dengan variabel tidak bebas yang membentuk model pada lokasi studi.

Tabel 3. Model Hubungan Kecepatan, Volume dan Kepadatan

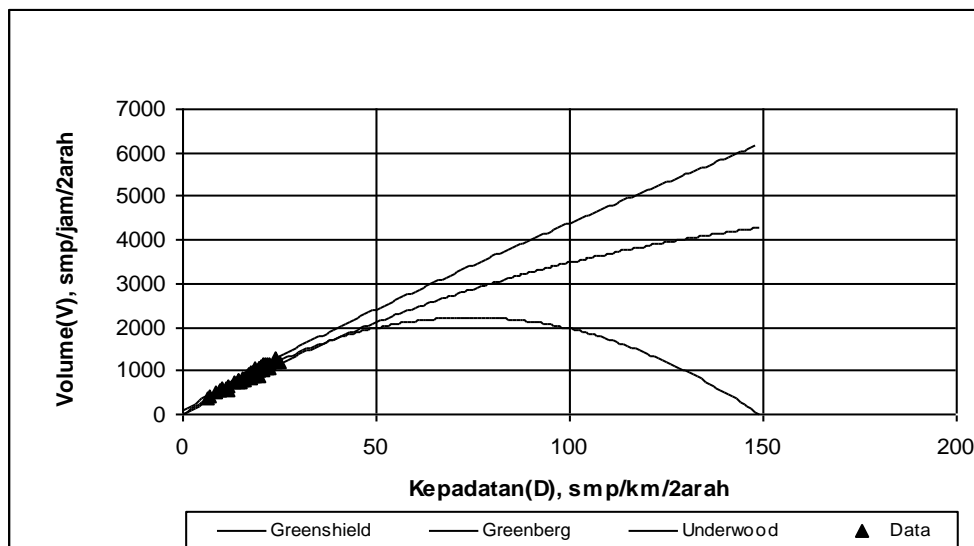
Model	Hubungan	Struktur Model	Model Lapangan
Greenshield	S - D	$S = S_f - (S_f/D_j) \cdot D$	$S = 59.66 - 0.40028 \cdot D$
	V - D	$V = S_f \cdot D - (S_f/D_j) \cdot D^2$	$V = 59.66 \cdot D - 0.40028 \cdot D^2$
	V - S	$V = D_j \cdot S - (D_j/S_f) \cdot S^2$	$V = 149.05 \cdot S - 2.49825 \cdot S^2$
Greenberg	S - D	$S = S_o \cdot \ln D_j - S_o \cdot \ln D$	$S = 69.42 - 5.62 \cdot \ln D$
	V - D	$V = S_o \cdot D \cdot \ln D_j - S_o \cdot D \cdot \ln D$	$V = 69.42 \cdot D - 5.62 \cdot D \cdot \ln D$
	V - S	$V = D_j \cdot S \cdot \exp(-S/S_o)$	$V = 123830.668 \cdot \exp(-0.17 \cdot S)$
Underwood	S - D	$S = S_f \cdot \exp(-D/D_o)$	$S = 51.36559 \cdot \exp(-0.0039 \cdot D)$
	V - D	$V = S_f \cdot D \cdot \exp(-D/D_o)$	$V = 51.36559 \cdot D \cdot \exp(-0.0039 \cdot D)$
	V - S	$V = D_o \cdot S \cdot \ln(S_f/S)$	$V = 255.827 \cdot S \cdot \ln(51.36559/S)$

Tabel 4. Hasil Uji Statistik Hubungan Kecepatan - Kepadatan

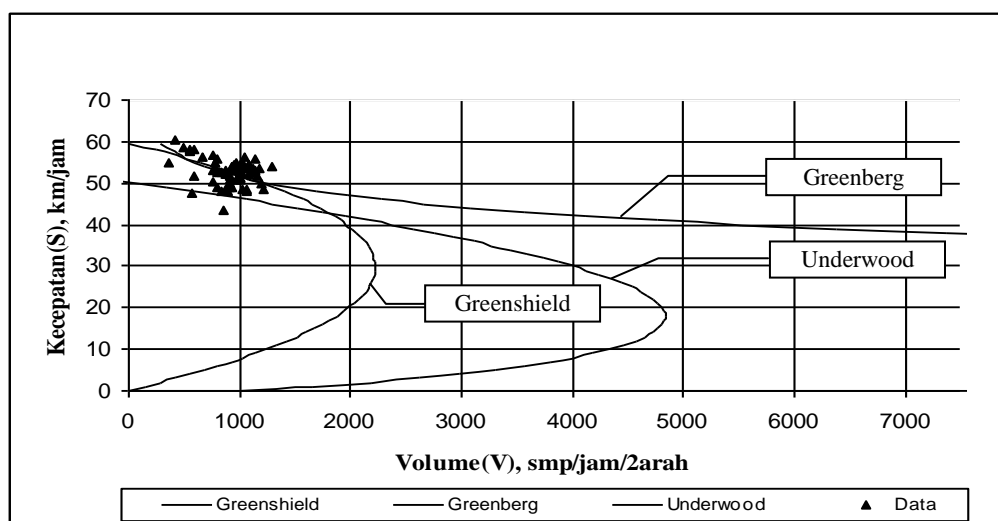
Parameter	Model	Model	Model	Syarat Statistik 95%
	Greenshield $S = a + b \cdot D$	Greenberg $S = a + b \cdot \ln D$	Underwood $S = a \cdot E(b \cdot D)$	
a	59.66	69.42	3.94	
b	-0.40	-5.92	-0.0039	
R	-0.52	-0.54	-0.046	
r ²	0.27	0.29	0.002	
F	24.535	27.055	0.138	3.99
t	-4.953	-5.201	-0.372	1.997



Gambar 2. Grafik hubungan Kepadatan (D) – Kecepatan arus lalu-lintas (S) untuk Model Greenshield dan Model Underwood



Gambar 3. Grafik hubungan Kepadatan arus lalu-lintas (D) – Volume Lalu-lintas (V) untuk Model Greenshield Model Greenshield dan Model Underwood



Gambar 4. Grafik Hubungan Volume arus Lalu-lintas (V) – Kecepatan arus lalu-lintas untuk Model Greenshield Model Greenshield dan Model Underwood

Berdasarkan model hubungan Volume – Kecepatan - Kepadatan Arus Lalu-lintas pada Tabel 3, maka gambar grafik dari ketiga hubungan parameter arus lalu-lintas tersebut diilustrasikan pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.

4.3 Pemilihan model terbaik

Model terbaik adalah model yang bisa menggambarkan realita, yaitu model yang dimana variable-variabel bebas bisa secara signifikan menjelaskan variable-variabel tidak bebas.

Terdapat beberapa kriteria untuk memilih suatu model terbaik yaitu kriteria berdasarkan analisa statistik dan kriteria kemasukakalan (reasonable). Kriteria yang dapat dipakai menilai model adalah kriteria statistik koefisien determinasi (r^2) dan kriteria lalu lintas yang masuk akal yaitu, kecepatan arus bebas S_f , Kerapatan macet D_j dan kapasitas (V_{maks}).

Berdasarkan kriteria-kriteria tersebut, maka langkah pemilihan model yang dapat digunakan pada lokasi studi adalah:

- 1) Nilai koefisien determinasi (r^2)
Nilai koefisien determinasi (r^2) ketiga model berturut-turut dari yang tertinggi adalah model Greenshield, Greenshield dan Underwood.
- 2) Uji signifikansi
Dari Tabel 4, dapat dilihat bahwa hubungan/interaksi antar Variabel – variabel arus lalu-lintas (Kecepatan – Kepadatan – Volume) pada Model Greenshield dan Model Greenberg sangat signifikan saling mempengaruhi satu sama lain. Ini terlihat dari nilai F_{hitung} dan t_{hitung} jauh lebih besar dari F_{tabel} dan t_{tabel} .
- 3) Nilai Kecepatan Arus Bebas (S_f)
Adapun nilai kecepatan yang diambil dari ketiga model adalah yang paling tinggi. Karena semakin tinggi nilai kecepatan arus bebas berarti nilai tersebut semakin mendekati kondisi sebenarnya. Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai kecepatan arus bebas dari yang terendah samapi yang tertinggi berturut-turut adalah Greenshield, Underwood dan Greenberg.
- 4) Nilai Kerapatan Macet (D_j)
Nilai D_j yang terbaik adalah nilai yang paling mendekati kondisi lapangan. Nilai D_j kondisi lapangan diperkirakan berkisar antara 185 – 250 kendaraan per mil atau 120 – 160 kend per km (May, A.D.1990). Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, maka model yang paling baik untuk kerapatan macet (D_j) berturut-turut adalah model Greenshield, Greenberg dan Underwood.
- 5) Nilai Kapasitas
Nilai kapasitas secara empiris yang lazim untuk tipe jalan 2/2 UD adalah berkisar 2.900 smp/jam (MKJI 1997).
Hasil perkiraan kapasitas model adalah Model Greenshield $V_{maks} = 2.223.21$ smp/jam, Model Underwood $V_{maks} = 4.848.97$ smp/jam dan Model Greenberg $V_{maks} = 270.497.29$ smp/jam.

Dari kelima kriteria tersebut maka dapat ditarik suatu kesimpulan awal bahwa Model hubungan Kecepatan arus lalu-lintas (S) – Kepadatan Arus lalu-lintas (D) – Volume arus lalu-lintas (V) pada lokasi studi adalah **Model Greenshield**, yaitu:

- Hubungan antara (S) vs (D):

$$S = 59.66 - 0.40028 \cdot D$$

- Hubungan antara (V) vs (D):

$$V = 59.66 \cdot D - 0.40028 \cdot D^2$$

- Hubungan antara (V) vs (S):

$$V = 149.05 \cdot S - 2.49825 \cdot S^2$$

Dari struktur model tersebut dapat diketahui beberapa karakteristik arus lalu-lintas di lokasi studi, yaitu Kecepatan arus bebas (S_f) = 59,66 km/jam, Kepadatan macet yang terjadi (D_j) = 149,05 smp/km/2 arah dan Volume maksimum atau kapasitas jalan (V_{maks}) = 2223.21 smp/jam.

4.4 Estimasi Kapasitas Berdasarkan MKJI 1997

Berdasarkan karakteristik lingkungan dan kondisi geometrik jalan pada lokasi studi maka Estimasi Kapasitas jalan (C) adalah:

$$\begin{aligned} C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \\ C &= 2900 \times 1.25 \times 1 \times 0.94 \times 0.86 \\ C &= 2930.45 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Dengan demikian dapat diketahui bahwa bahwa Kapasitas jalan yang didapatkan dari hasil estimasi model dan kapasitas estimasi dari MKJI 1997 mempunyai perbedaan sekitar 24%. Hal ini bisa menjadi bukti bahwa mengeneralisasi pemakaian Buku Manual seperti MKJI 1997 dalam mengestimasi nilai kapasitas suatu lokasi jalan tertentu tanpa mengkaji lebih jauh sifat /perilaku pengemudi, karakteristik kendaraan dan lingkungan jalan akan beresiko kepada biasanya hasil estimasi kapasitas yang didapatkan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dapat ditarik kesimpulan:

- 1) Model hubungan karakteristik arus lalu-lintas pada lokasi studi adalah Model Greenshield:
 - Hubungan Kecepatan (S) - Kepadatan (D):
 $S = 59.66 - 0.40028 \cdot D$
 - Hubungan Volume (V) – Kepadatan (D):
 $V = 59.66 \cdot D - 0.40028 \cdot D^2$
 - Hubungan Volume (V) – Kecepatan (S):

$$V = 149.05 \cdot S - 2.49825 \cdot S^2$$

- 2) Terdapat perbedaan hasil estimasi Kapasitas jalan berdasarkan Model Greenshield dengan Estimasi menurut MKJI 1997 sebesar 24%.
- 3) Dengan adanya perbedaan tersebut membuktikan bahwa tidak adapun suatu lokasi jalan yang mempunyai karakteristik lalu-lintas yang sama.

5.2 Saran

Karena tidak ada suatu lokasi jalan yang mempunyai karakteristik lalu-lintas yang sama meskipun kondisi lingkungannya sangat mirip maka dalam setiap mengestimasi kinerja suatu ruas jalan, penggunaan Manual-manual yang ada seperti MKJI 1997 sangat perlu kejelian sipemakai dalam menilai kondisi lingkungan jalan. Untuk itu sipemakai manual harus tahu betul kondisi jalan yang akan diketahui kinerjanya.

6. Daftar Pustaka

- Departemen, P. U., 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*. Departemen P.U, Dirjen Bina Marga.
- Hendra Gunawan, M., Ir, & Purnawan, M., Ir. ,1998, *Hubungan Parameter Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas Di Kotamadya Padang*. Simposium Forum Studi Transportasi Perguruan Tinggi ,3 Desember 1998.Aula Timur ITB
- Hobbs, F. D., 1995, *Perencanaan Dan Teknik Lalu Lintas* (2 ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- John. B. Kennedy, A. M. N., 1976, *Basic Statistical Methods for EGINEERS and Scientist* (Second Edition ed.). New York: Harper & Row.

Mc. Shane., Roess. *Traffic Engginering*. Prentice Hall, USA.

Morlok, E. K., 1995, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportas*, Erlangga.. Jakarta

Warpani, S. P., 2002, *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. ITB Bandung.

Ucapan Terima Kasih:

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua tim peneliti terutama kepada Sdr(i) Nurfaidah, ST. Sulfina Yasin, ST. dan Hilda Listiawati, ST. yang telah membantu pengambilan data-data arus lalu-lintas.